

高精度音叉晶片多线切割工艺研究

包羽佳 徐君 柯易辰 程雾申 王蒙蒙
台州职业技术学院 浙江 台州 318000

摘要:为了解决音叉晶片切割存在多线切割精度低,自动化衔接程度差,参数设定不灵活等问题,造成产品合格率低,生产效率不高。设计开发了高精度传动机构,以及配合切割参数,结合退刀功能,实现自动衔接叉深和叉片切割。此外通过参数的设定,灵活切换不同规格产品的切割。

关键词:音叉晶片;多线切割工艺;切割流程;谐波减速机;自动退刀

中图分类号:TH16;TG65 **文献标识码:**A

引言

石英谐振器(晶振)指的是利用电信号频率等于石英晶片固有频率时晶片因压电效应而产生谐振现象的原理制成的器件,是晶体振荡器和窄带滤波器等的关键元件。

音叉型石英晶振是指石英晶片外型类似音叉的晶振,如图1中2所示。

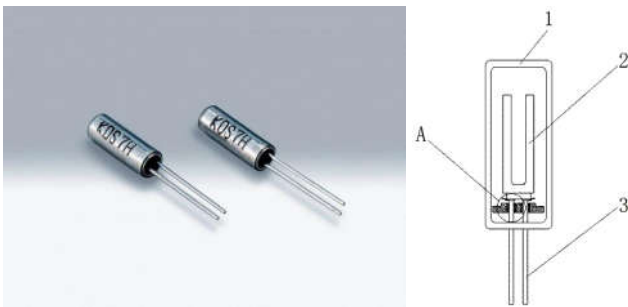


图1 音叉型石英晶振

多线切割机的切割原理是切割钢线高速的正反转,将磨料带入到加工区域,通过切割钢线和磨料对工件的磨削,从而实现切割的过程。多线切割机属于冷加工,能避免电火花线切割的弊端,能做到较好的表面粗糙度,较高的加工效率以及较低的磁钢材料浪费率。但由于多线切割机属于切割钢线磨削加工,直接和切割材料接触,切割钢线的柔性特征对于保证音叉轮廓的精确度造成了难度,由此需要配合更好的切割工艺。

随着5G和6G等无线通信技术的发展,通信设备对高精度晶振的需求不断增长。这类石英晶片用于时钟同步和频率稳定等关键任务,而高精度多线切割机床可确保石英晶片的高质量与高精度生产,满足市场需求。此外,通过提高生产效率和减少材料浪费,有助于降低石

基金资助:台州职业技术学院2023年校级大学生科技创新项目《音叉晶片高精度多线切割的设计开发》(项目编号:2023DKC15)

英晶片的生产成本。随着生产成本的降低,相关产品的价格也有望下降,这将进一步扩大市场需求。

本文给出了一种针对音叉型石英晶片的切割工艺,从而提高切割轮廓的精确度,大幅提高切割效率和产品合格率,降低生产成本。

1 音叉晶片切割流程设计

在目前常规的音叉晶片切割过程中,主要的切割流程如下:

第一步:叉深切割前先进行平移初始定位,消除丝杠进给的单向间隙。

第二步:进行叉深切割,叉深L高度要求在 $\pm 10\mu\text{m}$,叉深R圆弧底部轮廓度要求 $\pm 0.05\text{mm}$ 。

第三步:切割线网从叉深切割完成后退出,多线切割机缓慢走线运行,便于切割线退出。

第四步:退出完成后,平移机构同第1步的方向运行,消除定位间隙,保证音叉片两臂精度($\pm 5\mu\text{m}$),即 $T1-T2 \leq \pm 5\mu\text{m}$ 。

第五步:进行叉片切割,将音叉晶片截断,切割所需形状。

2 音叉晶片切割机械结构设计

从音叉晶片切割流程中,既要实现工作台的水平移动,同时要配合垂直移动,从而实现叉深和叉片的切割。因此,设置工作台水平移动机构,实现工作台前后的移动,用于切割过程中叉片和叉深切割的切换;设置工作台垂直升降机构,实现工作台上下运行,用于切割过程中叉片和叉深深度的控制。

平移和升降机构还需包含一个高精度的进给传动机构。谐波减速机具有齿间几乎零间隙(背隙 $10'$)的特点,以此作为切割进给机构,可实现精准定位切割($\pm 0.02\text{mm}$);谐波减速机还具有传动比大(50-300)的特点,可实现反向力矩锁止功能,避免了工作台在切割

时平移机构的漂移。应用了谐波减速机传动，减少由于传动产生的误差，提高切割精度。

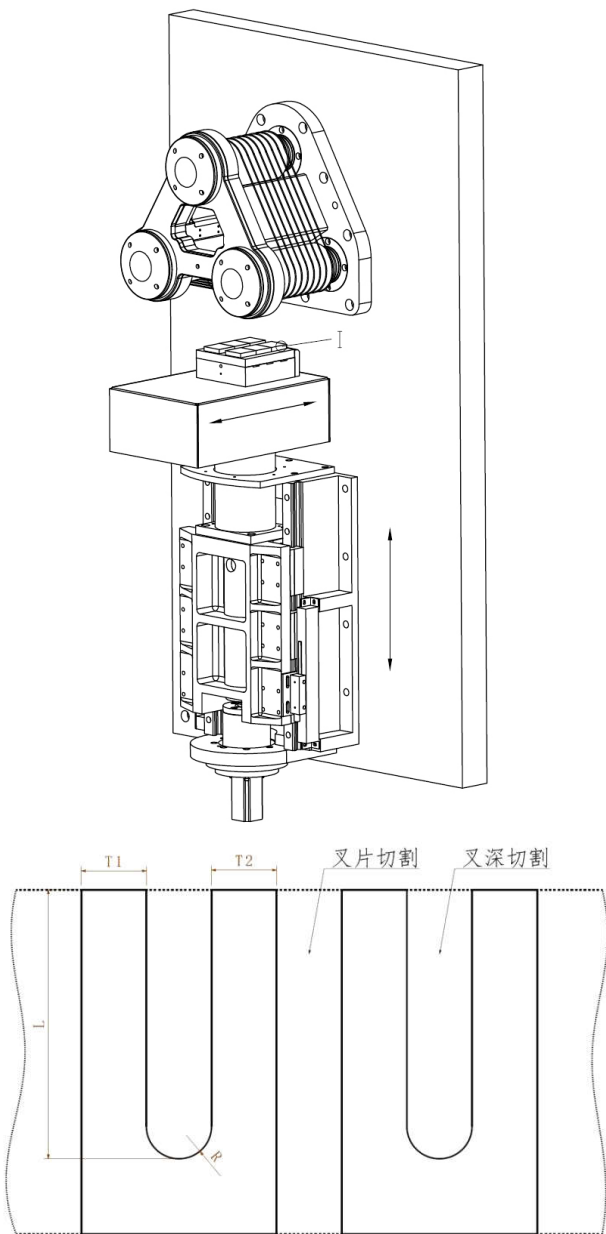


图2 工作台运行示意图

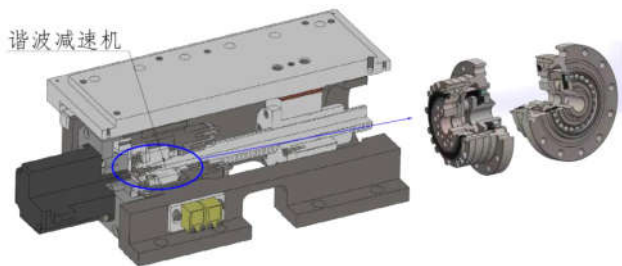


图3 谐波减速机进给传动结构

3 切割工艺全自动参数设计

为实现音叉晶片切割的全自动衔接，取消切割过程中手动操作流程，设计了多个用于调整的切割参数，最终实现音叉晶片的高精度切割。

1) 切割高度参数：设定当前段的切割高度。切割高度分为预切段、叉深段和叉片段。叉深的总高度为预切段加叉深段的高度；叉片的总高度为预切段加叉片段的高度。

2) 切割速度参数：设定当前段的切割速度。当切割叉深段时，预切段的速度为预切段设定的速度变化到叉深段设定的速度，此速度对应高度值直线变化；当切割叉片段时，预切段的速度为预切段设定的速度变化到叉片段设定的速度，此速度对应高度值直线变化。预切段的作用是先切割线以较低的切割速度切入工件，待钢线稳定后再用正常切割速度切割材料，目的是提高切割精度。

3) 叉臂宽度参数：设定切割音叉叉深切割完后的平移值。

4) 叉深修弧参数：设定切割音叉叉深切割完后，钢线继续运行的时间，用于修正叉深底部圆弧的精度。

5) 叉深补偿参数：设定音叉叉深的修正高度。当上次切割叉深不足时，设定为正值，增加切割高度；当上次切割叉深超过时，设定值为负值，减少切割高度。

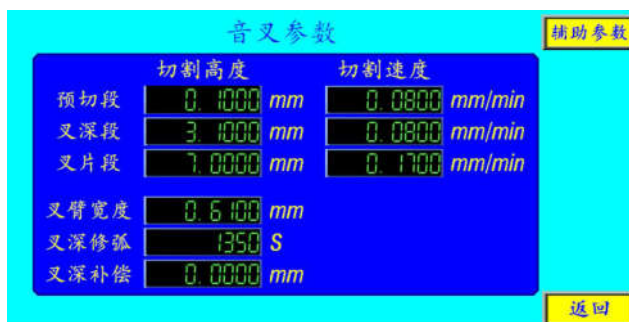


图4 音叉晶片切割基本参数

6) 平移初始定位参数：叉深切割前，平移台自行先运行一定位置，此运行距离的目的是为消除丝杆单向间隙，提高切割精度。

7) 平移定位速度参数：设定“平移初始定位”过程中平移台运行的速度。

8) 叉深退刀速度参数：设定叉深切割完时，升降台退刀的速度。

9) 叉片退刀速度参数：设定叉片切割完时，升降台退刀的速度。

10) 叉深退刀高度参数：设定叉深切割完时，升降台退出切割料的位置。

11) 叉片退刀高度参数: 设定叉片切割完时, 升降台退出切割料的位置。

12) 叉深退刀延时参数: 设定叉深切割完时, 钢线继续运行的时间。

13) 叉片退刀延时参数: 设定叉片切割完时, 钢线继续运行的时间。

14) 退刀走线速度参数: 设定在叉深和叉片退刀时, 钢线收线运行时的速度。

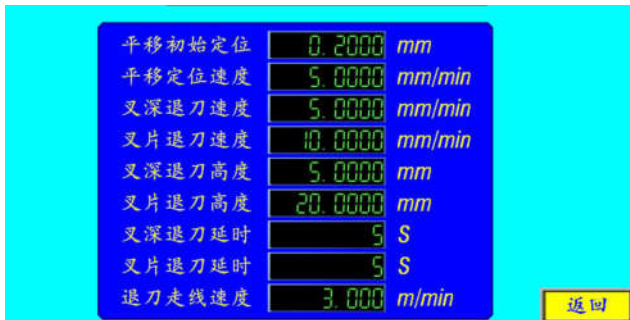


图5 音叉晶片切割辅助参数

通过参数的设定, 灵活切换不同规格产品的切割, 实现自动化操作, 降低人工成本。

4 总结

ICT (信息及通讯) 技术的发展, 高速、大容量、

超低延迟、多路同接入特点的5G通信正迎来全面实施时期。5G基站小型化的需求正在逐年增加, 高精度、高稳定性的晶体振荡器对通信质量起着极其重要的作用。通过本项目全自动衔接切割流程和高精度机械结构的设计开发, 不但提升生产效率, 还有望提升产品的合格率。

参考文献

[1] 黄大勇. 一种高精度石英晶片切割机: 中国, 202023251741.7[P]. 2021.11.30

[2] 莫宗均. 一种石英晶片切割机: 中国, 201920001568.3 [P]. 2019.12.13

[3] 郑嵩. 一种石英晶片切割设备及其切割方法: 中国, 202211357821.1 [P]. 2023.01.20

[4] 赵桂红. 一种金刚线切割石英晶片的工艺方法: 中国, 202011190116.8 [P]. 2021.02.26

[5] 罗小平. 一种金刚线切割石英晶片装置及方法: 中国, 202311244780.X [P]. 2023.12.01

[6] 喻信东. 一种高基频石英晶片: 中国, 201921425104.1 [P]. 2020.04.21

[7] 喻信东. 一种小尺寸石英晶片: 中国, 201921425107.5 [P]. 2020.04.21